

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

#3
3-13-02



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2001年 4月 4日

出 願 番 号
Application Number:

特願2001-106038

出 願 人
Applicant(s):

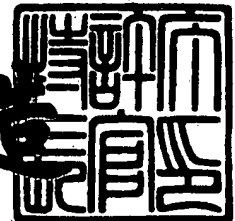
横河電機株式会社
王子製紙株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年12月 7日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3107267

【書類名】 特許願

【整理番号】 00N0047

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 D21F 5/00
D21F 7/06

【発明者】

【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社
社内

【氏名】 佐々木 尚史

【発明者】

【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社
社内

【氏名】 八尋 賢一郎

【発明者】

【住所又は居所】 東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社
社内

【氏名】 丸山 孝生

【発明者】

【住所又は居所】 東京都江東区東雲1丁目10番6号 王子製紙株式会社
東雲研究センター内

【氏名】 森 芳立

【発明者】

【住所又は居所】 鳥取県米子市吉岡373番地 王子製紙株式会社 米子
工場内

【氏名】 石崎 和弘

【発明者】

【住所又は居所】 鳥取県米子市吉岡373番地 王子製紙株式会社 米子
工場内

【氏名】 高尾 健司

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県春日井市王子町1番地 王子製紙株式会社 春日
井工場内

【氏名】 清水 博文

【特許出願人】

【代表出願人】

【識別番号】 000006507

【氏名又は名称】 横河電機株式会社

【代表者】 内田 勲

【特許出願人】

【識別番号】 000122298

【氏名又は名称】 王子製紙株式会社

【代表者】 大國 昌彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 005326

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 抄紙機の制御方法とその装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

蒸気ドラム、ウェブおよびキャンパス間に成立する熱伝達方程式を差分化した差分方程式を解くことにより抄替え後のドライヤ蒸気圧を予測して、この予測したドライヤ蒸気圧を抄替え後のドライヤ蒸気圧設定値とする抄紙機の制御方法において、

前記差分方程式を解く際に、抄替え後のドライヤパート入り口のウェブ水分率の初期値を絶乾坪量の変更量と抄速の変更量に基づいて演算するようにしたことを特徴とする抄紙機の制御方法。

【請求項 2】

抄替え後のドライヤパート入り口のウェブ水分率の初期値は下式により求めることを特徴とする請求項 1 記載の抄紙機の制御方法。

【数 1】

$$\text{ウェブ水分率の初期値} = \text{MPNowInit} + A_1 \cdot \frac{BD_2 - BD_1}{BD_1} + A_2 \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_1}$$

ここで、

BD_1 : 抄替え前の絶乾坪量

BD_2 : 抄替え後の絶乾坪量設定値

V_1 : 抄替え前の抄速

V_2 : 抄替え後の抄速設定値

$A_1, A_2, \text{MPNowInit}$: パラメータ

【請求項 3】

パラメータである A_1 、 A_2 、 MPNowInit を操業状態に応じて調整するようにしたことを特徴とする請求項 2 記載の抄紙機の制御方法。

【請求項 4】

現在の操業状態を取り込み、また抄速、蒸気ドラムの円周長などから差分計算の刻み時間幅を求める初期設定部と、水分率演算部と、シミュレーションによって乾燥速度係数を求める乾燥速度係数演算部と、これら初期設定部と水分率演算部

および乾燥速度係数演算部の出力が入力され、蒸気ドラム、ウェブおよびキャンバス間に成立する熱伝達方程式を差分化した差分方程式を解くことにより抄替え後のドライヤ蒸気圧を予測する蒸気圧予測部と、この蒸気圧予測部の出力が入力される制御部とを有し、前記水分率演算部は、絶乾坪量の変更量と抄速の変更量に基づいて前記蒸気圧予測部が差分方程式を解く際に用いる抄替え後のドライヤパート入り口の水分率の初期値を演算し、前記制御部は前記蒸気圧予測部が出力する蒸気圧予測値を抄替え後の蒸気圧設定値として抄紙機を制御するようにしたことを特徴とする抄紙機の制御装置。

【請求項 5】

抄替え後のドライヤパート入り口ウェブ水分率の初期値は下式により求めることを特徴とする請求項 4 記載の抄紙機の制御装置。

【数 2】

$$\text{ウェブ水分率の初期値} = \text{MPNowInit} + A_1 \cdot \frac{BD_2 - BD_1}{BD_1} + A_2 \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_1}$$

ここで、

BD_1 : 抄替え前の絶乾坪量

BD_2 : 抄替え後の絶乾坪量設定値

V_1 : 抄替え前の抄速

V_2 : 抄替え後の抄速設定値

$A_1, A_2, \text{MPNowInit}$: パラメータ

【請求項 6】

パラメータである A_1 、 A_2 、 MPNowInit を操業状態に応じて調整するようにしたことを特徴とする請求項 5 記載の抄紙機の制御装置。

【請求項 7】

パルプ原料をワイヤパートに吐出してワイヤパート等で水分を除去し、ウェブを形成し、プレドライヤパートで乾燥し、サイズを塗布した後に更にアフタードライヤパートで乾燥して製品にする抄紙機の制御方法において、

サイズの絶乾塗工量をサイズ流量、サイズ濃度、サイズ比重、抄速、ウェブ幅から演算して求め、この絶乾塗工量からアフタードライヤパート入り口のウェブの水分率を求め、これにより前記ドライヤを制御するようにしたことを特徴とする抄

紙機の制御方法。

【請求項 8】

サイズの絶乾塗工量を下式に基づいて演算し、この絶乾塗工量からサイズプレス後のアフタドライヤパート入口のウェブの水分率を求め、これにより前記ドライヤを制御するようにしたことを特徴とする請求項 7 記載の抄紙機の制御方法。

【数 3】

$$\text{サイズの絶乾塗工量} = CW = A \cdot (F \times S \times W) / (V \times d)$$

F : サイズの流量

S : サイズの濃度

W : サイズの比重

V : 抄速

d : ウェブの幅

A : 定数

【請求項 9】

サイズプレス後のアフタドライヤパート入り口の絶対水分率（絶乾坪量に対する水分率）を下式で求めるようにしたことを特徴とする請求項 8 記載の抄紙機の制御方法。

【数 4】

アフタドライヤパート入り口のウェブ絶対水分率

$$= \{ \text{absMo} + CW \cdot (100 - S) / S \} / BD_{AFT}$$

ここで、

absMo : サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量

(シミュレーションによる計算値)

BD_{AFT} : プレドライヤパート出口の絶乾坪量

CW : サイズの絶乾塗工量

S : サイズの濃度 (%)

【請求項 10】

サイズを塗布する前のウェブを製造するウェブ製造部と、このウェブ製造部で

製造されたウェブを乾燥させるブレードライヤパートと、該ウェブにサイズを塗布するサイズ塗布部と、このサイズが塗布されたウェブを乾燥するアフタードライヤパートと、サイズが塗布されたウェブの水分率を演算する水分率演算部と、この水分率演算部の出力が入力され、前記ドライヤを制御する制御部とを有し、前記水分率演算部は下記（１）式からサイズの絶乾塗工量を演算し、かつ下記（２）式に基づいてサイズ塗布後のアフタードライヤパート入口のウェブの絶対水分率を演算するようにしたことを特徴とする抄紙機の制御装置。

【数５】

$$\text{サイズの絶乾塗工量} = CW = A \cdot \frac{F \times S \times W}{V \times d} \quad \dots\dots\dots (1)$$

アフタードライヤパート入り口のウェブ絶対水分率

$$= \frac{absMo + CW \cdot \frac{100 - S}{S}}{BD_{AFT}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

CW :サイズの絶乾塗工量

F :サイズの流量

S :サイズの濃度(%)

W :サイズの比重

V :抄速

d :ウェブ幅

A :定数

$absMo$:サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量

(シミュレーションによる計算値)

BD_{AFT} :ブレードライヤ出口の絶乾坪量

【請求項 1.1】

パルプ原料をワイヤパートに吐出してワイヤパート等で水分を除去してウェブを形成し、ブレードライヤパートで乾燥し、サイズを塗布した後にアフタードライヤパートで乾燥して製品にする抄紙機の制御方法において、

抄替え後のサイズの絶乾塗工量予測値を抄替え前のサイズの絶乾塗工量と抄替え前のサイズ濃度と抄替え後のサイズ濃度設定値に基づいて演算し、この塗工量予測値から抄替え後のアフタードライヤパート入り口におけるウェブの水分率の予測値を決定するようにしたことを特徴とする抄紙機の制御方法。

【請求項 1 2】

抄替え後のサイズの絶乾塗工量予測値は下式により求めることを特徴とする請求項 1 1 記載の抄紙機の制御方法。

【数 6】

$$\text{抄替え後のサイズの絶乾塗工量予測値} = CW^* = CW \cdot \frac{S_T^*}{S_T}$$

CW^* : 抄替え後のサイズの絶乾塗工量予測値

CW : 抄替え前のサイズの絶乾塗工量

S_T : 抄替え前のサイズ濃度

S_T^* : 抄替え後のサイズ濃度設定値

【請求項 1 3】

抄替え後のドライヤ入り口における水分率を下式で求めるようにしたことを特徴とする請求項 1 2 記載の抄紙機の制御方法。

【数 7】

抄替え後のドライヤ入り口絶対水分率

$$= \{ \text{absMo} + CW^* \cdot (100 - S_T^*) / S_T^* \} / BD_{AFT}$$

ここで、

absMo : サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量 (シミュレーションによる計算値)

CW^* : 抄替え後のサイズの絶乾塗工量予測値

BD_{AFT} : ドライヤ出口の絶乾坪量の設定値

S_T^* : 抄替え後のサイズの濃度設定値

【請求項 1 4】

サイズを塗布する前のウェブを製造するウェブ製造部と、このウェブ製造部で製造されたウェブを乾燥させるプレドライヤパートと、該ウェブにサイズを塗布するサイズ塗布部と、このサイズが塗布されたウェブを乾燥するアフタドライヤパートと、抄替え後のウェブの水分率を予測する水分率予測部と、この水分率予測部の出力が入力され、前記ドライヤを制御する制御部とを有し、前記水分率予測部は下記 (3) 式から抄替え後のサイズの絶乾塗工量を演算し、かつ下記 (4) 式に基づいて抄替え後のサイズが塗布された後のアフタドライヤパート入口の

ウェブ水分率を予測するようにしたことを特徴とする抄紙機の制御装置。

【数 8】

$$CW^* = CW \cdot \frac{S_T^*}{S_T} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{抄替え後のアフタドライヤパート入り口絶対水分率} = \frac{absMo + CW^* \cdot \frac{100 - S_T^*}{S_T}}{BD_{AFT}} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

CW : 抄替え前の絶乾塗工量

CW^* : 抄替え後の絶乾塗工量 予測値

S_T : 抄替え前のサイズ濃度

S_T^* : 抄替え後のサイズ濃度 設定値

$absMo$: サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量 (シミュレーション
による計算値)

BD_{AFT} : ドライヤ出口の絶乾坪量の設定値

【請求項 15】

サイズの流量および濃度として、各測定値の移動平均値を用いたことを特徴とする請求項 10 または請求項 14 記載の抄紙機の制御装置。

【請求項 16】

サイズの流量および濃度として、各測定値の移動平均値を用いたことを特徴とする請求項 7、請求項 8、請求項 9、請求項 11、請求項 12、請求項 13 の内のいずれかに記載の抄紙機の制御方法。

【請求項 17】

蒸気ドライヤの蒸気ドラムにキャンバスと共にウェブを巻き付けてウェブを乾燥させる抄紙機で、抄替え時に該ウェブの水分率を所定の設定値に向かって変更するため、抄替え後の各蒸気ドラムへの蒸気圧力を予測して制御する抄紙機の制御方法であって、

前記蒸気ドラム、前記キャンバスおよび前記ウェブの相互間に熱平衡式を導入して該熱平衡式を差分方程式に書き直し、

検出器により、少なくともドライヤ蒸気圧力、ウェブ坪量、抄速、ドライヤパート出口のウェブ水分率値の各値を取り込み、

更に、前記差分方程式に、アフタドライヤパート入り口ウェブ水分率の初期値と

して請求項 9 の式を用いた値を与えると共に、その他の初期値も与え、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で該差分方程式を繰り返し解き、算出した最終水分率値が検出器により取り込んだ実際の測定値に所定の許容範囲内で一致するまで繰り返すことより、前記ウェブの乾燥速度係数と、ドライヤパート内の移動方向に沿う定常状態ウェブ水分率推移パターンとを求め、

更に抄き替え時に、抄替後の操業プロセス値として、少なくともウェブ設定坪量、設定抄速、ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値の各値を取り込み、

前記差分方程式に、ドライヤパート入り口ウェブ水分率の初期値として前記請求項 2 および／または請求項 1 3 に記載の方法によって求めた値を与えると共に、前記ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値に、算出したウェブ最終水分率値を所定の許容範囲内で一致させるべく、前記各蒸気ドラムへの蒸気圧力を変動させて、前記差分方程式を、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で繰り返し解き、ウェブの移動方向に沿う各蒸気ドラムへの蒸気圧力のパターンを求め、

実際の抄替時に、該蒸気圧力のパターンに一致させるべく各蒸気ドラムへの蒸気圧力を変更することを特徴とする抄替機の制御方法。

【請求項 1 8】

蒸気ドライヤの蒸気ドラムにキャンバスと共にウェブを巻き付けてウェブを乾燥させる抄紙機で、抄替え時に該ウェブの水分率を所定の設定値に向かって変更するため、抄替え後の各蒸気ドラムへの蒸気圧力を予測して制御する抄紙機の制御装置であって、

前記蒸気ドラム、前記キャンバスおよび前記ウェブの相互間に熱平衡式を導入して該熱平衡式を差分方程式として記憶する記憶手段と、

少なくともドライヤ蒸気圧力、ウェブ坪量、抄速、ドライヤパート出口のウェブ水分率値の各値を取り込む検出手段と、

前記差分方程式に、アフタドライヤパート入り口ウェブ水分率の初期値として請求項 9 の式を用いた値を与えると共に、その他の初期値も与え、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で該差分方程式を繰り返し解き、算出した最終水分率値が検出器により取り込んだ実際の測定値に所定の許容範囲内で一致するまで繰り返すことより、前記ウェブの乾燥速度係数と、ドライヤパート内の移動方向に

沿う定常状態ウェブ水分率推移パターンとを求める計算手段と、

更に抄き替え時に、抄替後の操業プロセス値として、少なくともウェブ設定坪量、設定抄速、ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値の各値を取り込み設定する設定手段と、

前記差分方程式に、ドライヤパート入り口ウェブ水分率の初期値として前記請求項 5 および／または請求項 1 4 に記載の手段によって求めた値を与える入力手段と、

前記ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値に、算出したウェブ最終水分率値を所定の許容範囲内で一致させるべく、前記各蒸気ドラムへの蒸気圧力を変動させて、前記差分方程式を、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で繰り返し解き、ウェブの移動方向に沿って各蒸気ドラムへの蒸気圧力のパターンを求める計算手段と、

実際の抄替時に、各蒸気ドラムへの蒸気圧力を前記蒸気圧力のパターンに一致させるべく変更していく変更手段と、

を備えていることを特徴とする抄替機の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、抄紙機においてドライヤパート入口におけるウェブの水分率を推定して、その推定値を基にドライヤの蒸気圧を推定してドライヤを制御する抄紙機の制御方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

図 7 に代表的な抄紙機の構成を示す。この図において、パルプ原料はストックインレット 8 1 からワイヤパート 8 2 に吐出される。ワイヤパート 8 2 は回転するロール 8 2 1 によって矢印 A の方向に移動させられる。ワイヤパート 8 2 に吐出されたパルプ原料は濾水されてウェブ（紙）が形成され、プレスパート 8 3 に運ばれ、更に搾水される。

【0003】

プレスパート83で搾水されたウェブはプレドライヤ84に運ばれる。プレドライヤ84には多数の蒸気ドラム841が配置され、その中に導かれる蒸気によって加熱されている。ウェブはこの蒸気ドラムに巻き付きながら順次送られ、その間に所定の水分率になるまで乾燥させられる。

【0004】

乾燥したウェブはサイズプレス85でサイズ（塗工剤）塗布などのサイズ処理を受けた後、アフタドライヤ86で更に乾燥させられ、87に示すように製品として巻き取られる。なお、アフタドライヤ86はプレドライヤ84と同様の構造を有している。

【0005】

88、89はBM計であり、それぞれプレドライヤ84、アフタドライヤ86を出た直後のウェブの坪量、水分率などを検出する。この検出された値は図示しない制御装置に入力される。この制御装置は製品が予め決められた仕様値になるように、ワイヤパート82に吐出するパルプ原料の吐出量、あるいはプレドライヤ84およびアフタドライヤ86の蒸気ドラムに導く蒸気量、および抄速などを制御する。また、異なる製品を連続して生産する抄替え制御も一般的に行われている。

【0006】

抄替え制御においては、新たな製品に切り替える途中である抄替え時間中に得られる製品は規格外の損紙になるので、操業効率を高めるためにはこの抄替え時間をできるだけ短くしなければならない。この課題を解決するために、特許第3094798号明細書において、シミュレーションによって抄替え後の蒸気圧設定値を予測する方法の発明が記載されている。以下、この発明の概要を説明する。

【0007】

特許第3094798号明細書に記載された発明では、プレドライヤ84およびアフタドライヤ86の蒸気ドラムを平面に簡略化したアイロンモデルを用いて、蒸気ドラム、ウェブおよび蒸気ドラムにエンドレスに巻き付けられたキャンバス間の接触の状態を5つのパターンに分類して各パターンの熱伝達微分方程式を

導き、この方程式を差分方程式に変換してこの差分方程式を解くことにより抄替え後の蒸気圧設定値を予測している。

【0008】

蒸気ドラム、ウェブ、キャンバスがこの順に接触しているパターンの熱伝達微分方程式は、下記(5)～(7)式のように表される。

【0009】

【数9】

$$L_D \cdot \rho_D \cdot C_D \frac{dT_1(t)}{dt} = h_s \cdot (T_s(t) - T_1(t)) - h_{DW} \cdot (T_1(t) - T_2(t)) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$L_W \cdot \rho_W \cdot C_W \frac{dT_2(t)}{dt} = h_{DW} \cdot (T_1(t) - T_2(t)) - h_{WC} \cdot (T_2(t) - T_3(t)) - \text{Evapo}(T_2, T_W) \quad \dots\dots(6)$$

$$L_C \cdot \rho_C \cdot C_C \frac{dT_3(t)}{dt} = h_{WC} \cdot (T_2(t) - T_3(t)) - h_a \cdot (T_3(t) - T_a(t)) \quad \dots\dots\dots(7)$$

【0010】

ここにおいて、上記(5)～(7)式の各パラメータの意味を以下に示す。

L_D : ドラム厚さ (m)

L_W : ウェブ厚さ (m)

L_C : キャンバス厚さ (m)

T_S : ドラム内蒸気温度 (°C)

T_1 : ドラム表面温度 (°C)

T_2 : ウェブ(紙)温度 (°C)

T_3 : キャンバス温度 (°C)

T_a : フード内空気乾球温度 (°C)

C_D : ドラム比熱 (kJ/(kg·°C))

C_W : ウェブ(紙)比熱 (kJ/(kg·°C))

C_C : キャンバス比熱 (kJ/(kg·°C))

ρ_D : ドラム密度 (kg/m³)

ρ_W : ウェブ(紙)密度 (kg/m³)

ρ_C : キャンバス密度 (kg/m³)

h_S : ドラム内蒸気とドラム表面との間の熱伝達率 (kJ/(m²·sec·°C))

h_{DW} : ドラム表面とウェブとの間の熱伝達率 (kJ/(m²·sec·°C))

h_{WC} : ウェブ表面とキャンバスとの間の熱伝達率 ($\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C})$)

h_a : キャンバスとフード内空気との間の熱伝達率 ($\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C})$)

図8に、これらの各パラメータをまとめた表を示す。

【0011】

前記(6)式中の $\text{Evapo}(T_2, T_W)$ は水分蒸発によってウェブから奪われる気化熱量を表す関数であり、下記(8)式で表わされる。

【0012】

【数10】

$$\text{Evapo}(T_2, T_w) = V(MP_{ABS}) \cdot K \cdot (P(T_2) - P(T_w)) \cdot SB(T_2) \quad (\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})) \quad \dots\dots\dots (8)$$

但し、 $P(T)$: 温度 $T(^{\circ}\text{C})$ における飽和蒸気圧(kPa)

$SB(T)$: 温度 $T(^{\circ}\text{C})$ における蒸発気化熱($\text{kJ}/\text{H}_2\text{Okg}$)

T_w : フード内の空気の湿球温度($^{\circ}\text{C}$)

$V(MP_{ABS})$: 絶対水分率 MP_{ABS} における水分蒸発強度を表す関数

但し、 $0.0 \leq V(MP_{ABS}) \leq 1.0$ (無単位)

K : 乾燥速度係数($\text{H}_2\text{Okg}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{kPa})$)

【0013】

特許第3094798号明細書に記載された発明には上記以外の接触パターンにおける熱伝達微分方程式も与えられているが、煩雑になるので省略する。前記(5)～(7)式の微分方程式は、抄速と蒸気ドラムの円周長などで決まる時間幅 Δt で時刻を差分化して差分方程式を導き、この差分方程式の数値解を求める。時刻が進むとウェブは抄紙機の上流側から下流側に移動していくので、差分方程式の数値解から蒸気ドラムにおけるウェブの温度を計算することができる。

【0014】

前記(8)式から、ウェブからの単位面積、単位時間当たりの蒸発水分量である $\text{EvapoMP}(T_2, T_W)$ ($\text{H}_2\text{Okg}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})$)は、下記(9)式で表すことができる。

【0015】

【数11】

$$\text{EvapoMP}(T_2, T_w) = V(MP_{ABS}) \cdot K \cdot (P(T_2) - P(T_w)) \quad (\text{H}_2\text{Okg}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec})) \quad \dots\dots\dots (9)$$

【0016】

この式を用いると、刻み時間幅 Δt 経過後のウェブの絶対水分率 $MP_{ABS}(j)$

($j = 1, \dots, N$)は下記(10)式で計算することができる。

【0017】

【数12】

$$MP_{ABS}(j+1) = MP_{ABS}(j) - \frac{10^3 \cdot EvapoMP(T_2, T_w) \cdot \Delta t}{BD} \quad \dots\dots\dots (10)$$

BD : 絶乾坪量 (g/m^2)

Δt : 刻み時間幅 (sec)

$MP_{ABS}(j)$ ($j=1, \dots, N$) : 分割メッシュ位置 j での絶対水分率

【0018】

この絶対水分率から(相対)水分率 $MP(j)$ ($j=1, \dots, N$)(%)は、下記(11)式で計算することができる。

【0019】

【数13】

$$MP(j) = 100 \cdot \frac{MP_{ABS}(j)}{1 + MP_{ABS}(j)} \quad (\%) \quad \dots\dots\dots (11)$$

$MP(j)$ ($j=1, \dots, N$) : 分割メッシュ位置 j での相対水分率(%)

【0020】

図9に、前記(5)～(11)式を用いて定常状態におけるシュミレーションのアルゴリズムを表すフローチャートを示す。最初に現状の操業状態、すなわち現在の抄速(m/min)、坪量設定値(g/m^2)、水分率設定値(%)を取り込む。次に、抄速と蒸気ドラムの円周長などから、差分計算の刻み時間幅 Δt を決定し、現状のドライヤの蒸気圧の設定値から、飽和蒸気圧曲線を用いてドラム内の蒸気温度 $T_S(j)$ ($j=1, \dots, N$) を計算する。なお、 N は分割メッシュの数である。

【0021】

続いて、前記(5)～(11)式およびそれから導かれる差分方程式を用いて、ドラム温度 $T_1(j)$ ($j=1, \dots, N$)、ウェブ温度 $T_2(j)$ ($j=1, \dots, N$)、キャンバス温度 $T_3(j)$ ($j=1, \dots, N$) およびウェブ最終水分率 $MP(j)$ ($j=1, \dots, N$) を計算する。そして、最終シリンダでのウェブ相対水分率 $MP(N)$ と水分計による実測値 $MP_{MEASURE}$ の収束判定を行う。すなわち、 $MP(N)$ と $MP_{MEASURE}$ の差の絶対値が所定の値 EP より小さいと収束したとす

る。

【0022】

収束していないと乾燥速度係数 K を ΔK だけ補正して、再度ドラム温度、ウェブ温度、キャンバス温度、ウェブ相対水分率を計算する。また、収束すると、乾燥速度係数 K 、ドラム温度 $T_1(j)$ 、ウェブ温度 $T_2(j)$ 、キャンバス温度 $T_3(j)$ およびウェブ相対水分率 $MP(j)$ の値をそのときの値に確定し、定常状態シュミレーションを終了する。

【0023】

尚、プレドライヤパートとアフタドライヤパートからなるドライヤパートの場合、アフタドライヤパート出口の水分率を最終水分率として計算してもよいが、プレドライヤパートとアフタドライヤパートのそれぞれの出口の水分率を最終水分率としてもよい。後者の場合、収束計算はそれぞれのドライヤパートに関して行うことになる。

【0024】

以上説明した定常状態シュミレーションで、最終シリンダにおける絶対水分率が実測値に近くなるように、乾燥速度係数 K が調整される。次に、抄替え後の操業状態における最適な蒸気圧設定値の予測を、蒸気圧予測シュミレーションにより行う。この蒸気圧予測シュミレーションを、図10のフローチャートに基づいて説明する。

【0025】

図10において、最初に抄替え後の操業状態、すなわち抄速(m/min)、坪量設定値(g/m^2)、水分率設定値(%)を取り込む。続いて、抄速およびドラムの円周長等に基づいて差分計算の元になる刻み時間幅 Δt を決定する。そして、現在のドライヤ蒸気圧設定値 P (kPa)により、飽和蒸気圧曲線を用いてドラム内蒸気温度 $T_s(j)$ ($j=1, \dots, N$)を計算する。 N は分割メッシュの数である。

【0026】

次に、定常状態シュミレーションで決定した乾燥速度係数 K の値を用い、更に差分方程式の初期値として、プレドライヤパート入口のウェブ水分率値として、例えば定常状態シュミレーションで用いた抄替え前の値を用い、前記(5)～(

11) 式およびその差分方程式により数値計算を行って、ドラム温度 $T_1(j)$ ($j=1, \dots, N$)、ウェブ温度 $T_2(j)$ ($j=1, \dots, N$)、キャンバス温度 $T_3(j)$ ($j=1, \dots, N$) およびウェブ水分率 $MP(j)$ ($j=1, \dots, N$) を計算する。

【0027】

そして、最終シリンダにおけるウェブ水分率 $MP(N)$ の値と抄替え後の水分率設定値とを比較して、定常状態シミュレーションと同じ方法で収束判定を行う。収束していないとドライヤ蒸気圧設定値 P を一定値 ΔP だけ補正して再度ドラム温度、ウェブ温度、キャンバス温度、ウェブ相対水分率を計算する。収束していると、そのときのこれらの値を確定し、蒸気圧予測シミュレーションを終了する。

【0028】

また、このような抄紙機では、安定した製品を生産するためには、製品の乾燥過程の制御が重要な要素になる。特にアフタドライヤ 86 における乾燥は製品の品質に直結するので重要である。そのためには、その入り口での製品の水分率を正確に把握する必要がある。

【0029】

従来、アフタドライヤ 86 入り口における製品の水分率は、サイズプレス 85 の前に設置されている BM 計 88 の測定値を用いて例えば下記 (12) 式を用いて計算していた。なお、この式における絶対水分率は製品であるウェブの絶乾重量に対する水分重量の比率のことであり、「数 1」等の式で用いている水分率とは異なる表現法である。

【0030】

【数 14】

$$absMP_{AFTIN} = \frac{BD_{PRE} \times absMP_{PREEND} + CW \cdot \frac{100-S}{S}}{BD_{AFT}} \dots\dots\dots (12)$$

ここで、

 $absMP_{AFTIN}$: アフタドライヤ86 入口絶対水分率 (0.0~1.0) $absMP_{PREEND}$: プレドライヤ84 出口絶対水分率 (0.0~1.0)

(シミュレーション計算値)

 BD_{PRE} : プレドライヤ84 出口の絶乾坪量 (BM計測定値) (g/m^2) BD_{AFT} : アフタドライヤ86 出口の絶乾坪量 (BM計測定値) (g/m^2) CW : サイズの絶乾塗工量 (g/m^2) S : サイズ (塗工剤) 濃度移動平均値 (%)

【0031】

プレドライヤ84の出口の絶対水分率 $absMP_{PREEND}$ はプレドライヤ84における定常状態のシミュレーションの解として求められる。しかし、サイズプレス85において濃度5~10%程度のサイズが塗布されるので、その分を補正しなければならない。

【0032】

すなわち、前記(12)式の右辺分子の第1項の $BD_{PRE} \times absMP_{PREEND}$ はプレドライヤ84の出口での単位面積当たりの水分重量(g/m^2)を表し、第2項の $CW \cdot (100-S)/S$ は単位面積当たりに塗布されたサイズに含まれる水分重量(g/m^2)を表している。これら2項の和がアフタドライヤ86入り口における製品の単位面積当たりに含まれる水分量であるから、この値をBM計89で測定された絶乾坪量 BD_{AFT} で割ることによって求められることは、容易に理解できる。

【0033】

なお、サイズの絶乾塗工量 CW はBM計88と89で測定された絶乾坪量の測定値の差分として、下記(13)式で求めた値を用いている。

$$CW = BD_{AFT} - BD_{PRE} \dots\dots\dots (13)$$

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、このような抄紙機におけるドライヤ入り口のウェブ水分率の計算方法および抄替え後の蒸気圧予測シミュレーションには、次のような課題があった。

【0034】

図10の蒸気圧予測シミュレーションでは、水分率の初期値MP(1)は例えば抄替前と同一の水分率値を用い、水分率計からの入力値や、50%等の固定値を用いたりしていた。しかし、抄替え前後で坪量や抄速などの操業状態が変化した場合、ワイヤ状に原料が残る割合であるワイヤリテンションや循環白水の濃度、あるいはワイヤパートにおける搾水能力等が変化するので、ドライヤ入り口での水分率（通常40～60%）も変化することがわかっている。

【0035】

また、坪量が大きくなると抄速一定の場合、ドライヤ入り口における水分率が大きくなることが経験的に知られている。例えば、坪量が 10 g/m^2 変化すると水分率は1～2%変化する。ドライヤ入り口での水分率が1%変化すると、図9の蒸気圧予測シミュレーションでは予測値に10kPa程度の差が生じる。そのため、ドライヤ入り口での水分率を抄替え前と同一にした場合では、蒸気圧の予測値が抄替え後の望ましい蒸気圧設定値に対して無視できない偏差をもってしまうという課題もあった。

【0036】

また、前記(12)式からわかるように、水分率の計算にはブレドライヤ84出口における絶乾坪量 BD_{PRE} を用いているので、サイズプレス85前に設置されているBM計88が存在しない抄紙機では、この式によって水分率を計算することができないという課題があった。

【0037】

更に、たとえBM計88が設置されていても、前記(12)式、(13)式によって水分率を計算する場合は、この計器の測定精度に起因する水分率の計算誤差が大きくなるという課題があった。すなわち、(12)式、(13)式を用いた計算方法には計算誤差が大きいという問題がある。このことを具体例を用いて説明する。

【0038】

今、各測定値および測定値から計算した水分率が下記のものであったとする。

$$BD_{PRE} = 100.0 \text{ (g/m}^2\text{)}$$

$$BD_{AFT} = 102.0 \text{ (g/m}^2\text{)}$$

$$CW = 2.0 \text{ (g/m}^2\text{)}$$

$$S = 8\%$$

$$absMP_{PREEND} = 0.02$$

これらの値を前記(12)式に代入すると、

$$BD_{PRE} \times absMP_{PREEND} = 100 \times 0.02 = 2.0$$

$$CW \cdot (100 - S) / S = 2 \times 11.5 = 23.0$$

$$absMP_{AFTIN} = (23.0 + 2.0) / 102.0 = 0.245$$

が得られる。

【0039】

一方、各測定器の測定精度は、おおむね次のようになる。

$$\text{坪量計精度} = \pm 0.15 \text{ (g/m}^2\text{)}$$

$$\text{水分計精度} = \pm 0.1 \text{ (\%)}$$

これらの値から、絶乾坪量精度、絶乾塗工量精度は下記のように計算できる。

【0040】

【数15】

$$\text{絶乾坪量精度} = \sqrt{0.1 \times 0.1 + 0.15 \times 0.15} = 0.18$$

$$\text{絶乾塗工量精度} \Delta CW = \sqrt{0.18 \times 0.18 + 0.18 \times 0.18} = 0.25$$

【0041】

この計算値から、サイズの単位面積当たりの塗工量とアフタドライヤ86入り口の水分率の誤差は次のようになる。

【0042】

【数 16】

$$\text{サイズの塗工量精度 } \Delta CW \cdot \frac{100-S}{S} = 0.25 \times 11.5 = 2.88$$

アフタドライヤ 86 の入り口での水分率精度 $\Delta \text{absMP}_{\text{AFTIN}}$

$$= \frac{\Delta CW \cdot \frac{100-S}{S}}{BD_{\text{AFT}}} = \frac{2.88}{102.0} = 0.028$$

【0043】

すなわち、測定器の精度によって

$$\Delta \text{absMP}_{\text{AFTIN}} / \text{absMP}_{\text{AFTIN}} = 0.028 / 0.245 = 11.$$

4%程度の誤差が生じる。絶乾塗工量は4つの測定器の測定値から演算されるために誤差が大きく、更にサイズに含まれる水分量を計算すると、サイズの濃度の逆数倍（約10倍）に誤差が増大する。その結果、上記のように大きな誤差が発生する。そのため、正確な制御をする事が困難であるという課題もあった。

【0044】

このように、ドライヤ入り口の水分率を正確に予測することは、抄紙機の制御に重要な意味を持つことは明らかである。

【0045】

従って本発明が解決しようとする課題は、ドライヤ入り口におけるウェブの水分率を正確に見積もって、良好な制御ができ、かつ抄替え時間を短縮することができる抄紙機の制御方法およびその装置を提供することにある。

【0046】

【課題を解決するための手段】

このような課題を解決するために、本発明のうち請求項1及び2記載の発明は、蒸気ドラム、ウェブおよびキャンバス間に成立する熱伝達方程式を差分化した差分方程式を解くことにより抄替え後のドライヤ蒸気圧を予測して、この予測値を抄替え後のドライヤ蒸気圧設定値とする抄紙機の制御方法において、差分方程式を解く際に、抄替え後のドライヤパート入り口（プレドライヤーパート入口）のウェブ水分率の初期値を下式に基づいて演算するようにしたものである。予測値

を正確に求めることができ、抄替え時間を短縮できる。

なお、この式における水分率はウェブの全重量に対する水分重量の比率を表しており、相対水分率とも言う。

$$\begin{aligned} \text{ウェブ水分率の初期値} = & \text{MPNowInit} + A_1 \cdot (BD_2 - BD_1) / BD_1 \\ & + A_2 \cdot (V_2 - V_1) / V_1 \end{aligned}$$

BD_1, BD_2 : 抄替え前、抄替え後の絶乾坪量 (設定値)

V_1, V_2 : 抄替え前、抄替え後の抄速 (設定値)

$A_1, A_2, \text{MPNowInit}$: 定数 (パラメータ)

【0047】

請求項3記載の発明は、請求項2記載の発明において、パラメータ $A_1, A_2, \text{MPNowInit}$ を操業状態に応じて調整するようにしたものである。種々の操業状態に対応させることができる。

【0048】

請求項4及び5記載の発明は、現在の操業状態を取り込み、差分計算の刻み時間幅の決定を行う初期設定部と、水分率演算部と、シミュレーションによって乾燥速度係数を求める乾燥速度係数演算部と、これら各部の出力が入力され、蒸気ドラム、ウェブおよびキャンパス間に成立する熱伝達方程式を差分化した差分方程式を解くことにより抄替え後のドライヤ蒸気圧を予測する蒸気圧予測部と、この蒸気圧予測部の出力が入力される制御部とを具備し、水分率演算部で下式に基づいて前記蒸気圧予測部が差分方程式を解く際に用いるドライヤ入り口の水分率の初期値を演算し、また制御部は蒸気圧予測部が出力する蒸気圧予測値を抄替え後の蒸気圧設定値として抄紙機を制御するようにしたものである。予測値を正確に求めることができ、抄替え時間を短縮することができる。

$$\begin{aligned} \text{ウェブ水分率の初期値} = & \text{MPNowInit} + A_1 \cdot (BD_2 - BD_1) / BD_1 \\ & + A_2 \cdot (V_2 - V_1) / V_1 \end{aligned}$$

BD_1, BD_2 : 抄替え前、抄替え後の絶乾坪量 (設定値)

V_1, V_2 : 抄替え前、抄替え後の抄速 (設定値)

$A_1, A_2, \text{MPNowInit}$: 定数 (パラメータ)

【0049】

請求項 6 記載の発明は、請求項 5 記載の発明において、パラメータ A_1 、 A_2 、 $MPNowInit$ を操業状態に応じて調整するようにしたものである。種々の操業状態に対応させることができる。

【 0 0 5 0 】

請求項 7 および 8 記載の発明は、サイズの絶乾塗工量を下式に基づいて演算し、この絶乾塗工量からウェブの水分率を求め、これによりドライヤを制御するようにしたものである。アフタドライヤ前の BM 計から水分率を入力することが不要となり、アフタードライヤパート出口の水分率のみを実測して収束計算するようになれば、アフタードライヤパート前の BM 計が設置されていなくても容易にドライヤを制御でき、また計器の誤差の影響を受けない。

$$\text{サイズの絶乾塗工量} = A \cdot (F \times S \times W) / (V \times d)$$

F : サイズの流量

S : サイズの濃度

W : サイズの比重

V : 抄速

d : ウェブの幅

A : 定数

【 0 0 5 1 】

請求項 9 記載の発明は、請求項 8 記載の発明において、ドライヤ入り口の水分率を下式で求めるようにしたものである。正確に水分率を求めることができる。

$$\text{アフタードライヤパート入り口の絶対水分率} = (\text{absMo} + CW \cdot (100 - S) / S) / BD_{AFT}$$

absMo : サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量

CW : サイズの絶乾塗工量

S : サイズの濃度 (%)

BD_{AFT} : ドライヤ出口における絶乾坪量

【 0 0 5 2 】

請求項 10 記載の発明は、サイズを塗布する前のウェブを製造するウェブ製造部と、このウェブを乾燥させるプレドライヤパートと、該ウェブにサイズを塗布す

るサイズ塗布部と、このサイズが塗布されたウェブを乾燥するアフタドライヤパートと、サイズが塗布されたウェブの水分率を演算する水分率演算部と、この水分率演算部の出力が入力され、前記ドライヤを制御する制御部とを具備し、水分率演算部は下記(14)式からサイズの絶乾塗工量を演算し、かつ下記(15)式からサイズ塗布後のアフタドライヤパート入口のウェブ水分率を演算するようにしたものである。正確に水分率を求めることができる。

$$CW = A \cdot (F \times S \times W) / (V \times d) \cdots \cdots (14)$$

$$\begin{aligned} \text{アフタドライヤパート入り口のウェブ水分率} = & (\text{absMo} + CW \cdot (100 - S) \\ & / S) / BD_{AFT} \cdots \cdots (15) \end{aligned}$$

CW: サイズの絶乾塗工量

F: サイズの流量

S: サイズの濃度 (%)

W: サイズの比重

V: 抄速

d: ウェブの幅

A: 定数

absMo: サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量

BD_{AFT} : プレドライヤ出口における絶乾坪量

【0053】

請求項11および12記載の発明は、抄替え後のサイズの絶乾塗工量を下式に基づいて演算し、この塗工量から抄替え後のドライヤの蒸気圧設定値を決定するようにしたものである。抄替え後の水分率を正確に見積もることができ、抄替え時間を短縮できる。

$$\text{抄替え後の絶乾塗工量予測値} = CW^* = CW \cdot S^*_{T} / S_T$$

CW^* : 抄替え後の絶乾塗工量

CW: 抄替え前の絶乾塗工量

S_T : 抄替え前のサイズの濃度

S^*_{T} : 抄替え後のサイズの濃度設定値

【 0 0 5 4 】

請求項 1 3 記載の発明は、請求項 1 1 および 1 2 記載の発明において、抄替え後のドライヤ入り口の絶対水分率を下式で求めるようにしたものである。水分率を正確に見積もることができ、抄替え時間を短縮することができる。

抄替え後のドライヤ入り口絶対水分率

$$= (\text{absMo} + \text{CW}^* \cdot (100 - S_T^*) / S_T^*) / \text{BD}_{\text{AFT}}$$

absMo : サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量

CW* : 抄替え後のサイズの絶乾塗工量予測値

BD_{AFT} : ドライヤ出口の絶乾坪量の設定値

S_T* : 抄替え後のサイズの濃度設定値 (%)

【 0 0 5 5 】

請求項 1 4 記載の発明は、サイズを塗布する前のウェブを製造するウェブ製造部と、このウェブ製造部で製造されたウェブを乾燥させるブレドライヤパートと、該ウェブにサイズを塗布するサイズ塗布部と、このサイズが塗布されたウェブを乾燥するアフタドライヤと、抄替え後のウェブの水分率を予測する水分率予測部と、この水分率予測部の出力が入力され、ドライヤを制御する制御部とを具備し、水分率予測部は下記 (16) 式から抄替え後のサイズの絶乾塗工量を演算し、かつ下記 (17) 式から抄替え後のサイズが塗布された後のアフタドライヤパート入口のウェブ水分率を予測するようにしたものである。抄替え後の水分率を正確に予測でき、抄替え時間を短縮できる。

$$\text{CW}^* = \text{CW} \cdot S_T^* / S_T \quad \dots\dots (16)$$

抄替え後のアフタドライヤパート入り口絶対水分率

$$= (\text{absMo} + \text{CW}^* \cdot (100 - S_T^*) / S_T^*) \cdot \text{BD}_{\text{AFT}} \quad \dots\dots (17)$$

CW* : 抄替え後の絶乾塗工量予測値

S_T : 抄替え前のサイズの濃度

S_T* : 抄替え後のサイズの濃度設定値

absMo : サイズ塗布前のウェブの単位面積あたりの水分量

BD_{AFT} : ドライヤ出口の絶乾坪量の設定値

【 0 0 5 6 】

請求項 1 5 記載の発明は、請求項 9 または請求項 1 3 記載の発明において、サイズの流量および濃度として、測定値の移動平均値を用いたようにしたものである。流量計や濃度計の短周期の変動や測定誤差を抑えることができる。

【 0 0 5 7 】

請求項 1 6 記載の発明は、請求項 7、請求項 8、請求項 9、請求項 1 1、請求項 1 2、請求項 1 3 記載の内のいずれかの発明において、サイズの流量および濃度として、測定値の移動平均値を用いるようにしたものである。流量計や濃度計の短周期の変動や測定誤差を抑えることができる。

【 0 0 5 8 】

請求項 1 7 記載の発明は、蒸気ドライヤの蒸気ドラムにキャンバスと共にウェブを巻き付けてウェブを乾燥させる抄紙機で、抄替え時に該ウェブの水分率を所定の設定値に向かって変更するため、抄替え後の各蒸気ドラムへの蒸気圧力を予測して制御する抄紙機の制御方法であって、

前記蒸気ドラム、前記キャンバスおよび前記ウェブの相互間に熱平衡式を導入して該熱平衡式を差分方程式に書き直し、

検出器により、少なくともドライヤ蒸気圧力、ウェブ坪量、抄速、ドライヤパート出口のウェブ水分率値の各値を取り込み、

更に、前記差分方程式に、アフタドライヤパート入りロウェブ水分率の初期値として請求項 9 の式を用いた値を与えると共に、その他の初期値も与え、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で該差分方程式を繰り返し解き、算出した最終水分率値が検出器により取り込んだ実際の測定値に所定の許容範囲内で一致するまで繰り返すことより、前記ウェブの乾燥速度係数と、ドライヤパート内の移動方向に沿う定常状態ウェブ水分率推移パターンとを求め、

更に抄き替え時に、抄替後の操業プロセス値として、少なくともウェブ設定坪量、設定抄速、ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値の各値を取り込み、

前記差分方程式に、ドライヤパート入りロウェブ水分率の初期値として前記請求項 2 および／または請求項 1 3 に記載の方法によって求めた値を与えると共に、前記ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値に、算出したウェブ最終水分率値を

所定の許容範囲内で一致させるべく、前記各蒸気ドラムへの蒸気圧力を変動させて、前記差分方程式を、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で繰り返し解き、ウェブの移動方向に沿う各蒸気ドラムへの蒸気圧力のパターンを求め、

実際の抄替時に、該蒸気圧力のパターンに一致させるべく各蒸気ドラムへの蒸気圧力を変更することを特徴とする抄替機の制御方法である。

【 0 0 5 9 】

本発明において、前記差分方程式に、ドライヤパート入りロウェブ水分率の初期値として前記請求項 2 および／または請求項 1 3 に記載の方法によって求めた値を与える場合、プレドライヤパート入りロについては前記請求項 2 の方法を用い、アフタドライヤパート入りロについては前記請求項 9 の方法を用いるが、いずれか一方のみを用いても構わない。

【 0 0 6 0 】

請求項 1 8 記載の発明は、蒸気ドライヤの蒸気ドラムにキャンバスと共にウェブを巻き付けてウェブを乾燥させる抄紙機で、抄替え時に該ウェブの水分率を所定の設定値に向かって変更するため、抄替え後の各蒸気ドラムへの蒸気圧力を予測して制御する抄紙機の制御装置であって、

前記蒸気ドラム、前記キャンバスおよび前記ウェブの相互間に熱平衡式を導入して該熱平衡式を差分方程式として記憶する記憶手段と、

少なくともドライヤ蒸気圧力、ウェブ坪量、抄速、ドライヤパート出口のウェブ水分率値の各値を取り込む検出手段と、

前記差分方程式に、アフタドライヤパート入りロウェブ水分率の初期値として請求項 9 の式を用いた値を与えると共に、その他の初期値も与え、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で該差分方程式を繰り返し解き、算出した最終水分率値が検出器により取り込んだ実際の測定値に所定の許容範囲内で一致するまで繰り返すことより、前記ウェブの乾燥速度係数と、ドライヤパート内の移動方向に沿う定常状態ウェブ水分率推移パターンとを求める計算手段と、

更に抄き替え時に、抄替後の操業プロセス値として、少なくともウェブ設定坪量、設定抄速、ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値の各値を取り込み設定する設定手段と、

前記差分方程式に、ドライヤパート入りロウェブ水分率の初期値として前記請求項 5 および／または請求項 1 4 に記載の手段によって求めた値を与える入力手段と、

前記ドライヤパート出口ウェブ設定水分率値に、算出したウェブ最終水分率値を所定の許容範囲内で一致させるべく、前記各蒸気ドラムへの蒸気圧力を変動させて、前記差分方程式を、ウェブの移動分に対応する所定の時間間隔で繰り返し解き、ウェブの移動方向に沿って各蒸気ドラムへの蒸気圧力のパターンを求める計算手段と、

実際の抄替時に、各蒸気ドラムへの蒸気圧力を前記蒸気圧力のパターンに一致させるべく変更していく変更手段を備えていることを特徴とする抄替機の制御装置である。

【 0 0 6 1 】

本発明において、前記差分方程式に、ドライヤパート入りロウェブ水分率の初期値として前記請求項 2 および／または請求項 1 3 に記載の方法によって求めた値を与える場合、プレドライヤパート入り口については前記請求項 2 の方法を用い、アフタドライヤパート入り口については前記請求項 9 の方法を用いるが、いずれか一方のみを用いても構わない。

【 0 0 6 2 】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明を本発明の一実施例に沿って詳細に説明する。まず、プレドライヤパートにおいて抄替後の蒸気圧設定値を求める方法を、図 9 と図 1 を用いて説明する。最初に定常状態シミュレーションを図 9 に示す従来技術と同様に行って、乾燥速度係数 K を決定する。次に抄替後の蒸気圧を予測するが、前述したように、従来の抄替え後の蒸気圧予測シミュレーションでは、ドライヤパート入り口の水分率 $MP(1)$ として抄替え前の値（50%等）を用いていたが、そのために蒸気圧の予測値に誤差が生じるという課題があった。そのため、図 1 フローチャートの蒸気圧予測シミュレーションにおいて、熱伝達微分方程式に基づく差分方程式を解く数値演算で、ウェブ相対水分率の初期値 $MP(1)$ であるドライヤパート入り口（プレドライヤパート入口）水分率を下記（18）式で計算するように

する。

【0063】

【数 17】

$$MPNextInit = MPNowInit + A_1 \cdot \frac{BD_2 - BD_1}{BD_1} + A_2 \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_1} \dots\dots\dots (18)$$

ここで、

MPNowInit: ドライヤパート 入り口水分率の初期値 (例えば50%固定)

MPNextInit: 蒸気圧予測シミュレーション用ドライヤパート入り口水分率初期値

BD₁: 抄替え前絶乾坪量(g/m²)

BD₂: 抄替え後の絶乾坪量設定値(g/m²)

V₁: 抄替え前抄速(m/min)

V₂: 抄替え後抄速設定値(m/min)

A₁: 坪量変化に対するドライヤ入り口水分率変化の割合

A₂: 抄速変化に対するドライヤ入り口水分率変化の割合

【0064】

MPNowInitは図9の定常状態シミュレーションで用いるドライヤパート入り口水分率の初期値でもあり、水分率計が設置されているときにはその測定値を用いてもよく、水分率計がない場合は運転状態に応じた固定値などを用いればよい。例えば水分率計からの入力値(50%等)を用いる。また、A₁およびA₂はチューニングパラメータであり、操業状態によって調整する。A₁=A₂=0とすると、図10の従来例と同じになる。また、MPNowInitもチューニングパラメータとして用いることもできる。

【0065】

この(18)式により演算した例を示す。A₁=8.7、A₂=1.0に設定し、BD₁=100(g/m²)、BD₂=125(g/m²)、V₁=750(m/min)、V₂=600(m/min)としたときに、(18)式を用いて演算すると、

$$\begin{aligned} MPNextInit &= 50 + 8.7 \times 25 / 100 + 1.0 \times (-150) / 750 \\ &= 52.0\% \end{aligned}$$

になり、抄替後の初期値として、抄替前の定常状態シミュレーションの初期値50%を用いた場合と比較して2%の差が生じていることがわかる。

【0066】

図1に、上記(18)式を用いた抄替え後の蒸気圧予測シミュレーションのプロ

ーチャートを示す。図1において、最初に抄速等の操業状態を読み込み、ついで抄速、ドラム円周長などから刻み時間幅を決定する。この部分は、図10従来例と同じである。次に、前記(18)式を用いてMPNextInitを演算し、それをドライヤ入り口水分率の初期値MP(1)に代入する。それから、ドラム温度、ウェブ温度、キャンバス温度、ウェブ水分率を演算し、ウェブ最終水分率値MP(N)が収束しているかを調べて、収束していないと蒸気圧設定値を補正して再度ドラム温度などの演算を実行する。この部分も、図10従来例と同じである。この蒸気圧設定値を抄替え後のドライヤの蒸気圧設定値として用いて抄紙機を制御するようにする。

【0067】

図3に、図1フローチャートの蒸気圧設定値の予測方法を含む制御方法を実現する抄紙機の制御装置の構成を示す。図3において、11は現在の操業状態を読み込み、また刻み時間幅 Δt を決定する初期設定部である。12は前記(18)式に基づいて水分率の初期値を演算する水分率演算部である。13は図9フローチャートに基づいてシミュレーションにより乾燥速度係数を求める乾燥速度係数演算部である。

【0068】

14はこれら初期設定部11、相対水分率演算部12、乾燥速度係数演算部13の出力が入力され、図1フローチャートのアルゴリズム中のループ演算を行って抄替え後の蒸気圧を予測する蒸気圧予測部である。15は蒸気圧予測部14で予測された蒸気圧を抄替え後のドライヤの蒸気圧設定値として抄紙機を制御する制御部である。16は、制御対象であるドライヤである。このようにして、抄替え時間を短縮できる抄紙機の制御装置を実現できる。

【0069】

次に、アフタドライヤにおいて抄替後の蒸気圧設定値を求める方法を説明する。最初に図9を用いて定常状態シミュレーションを説明する。請求項9の式「数4」の変形である前記(12)式によって定常状態におけるアフタドライヤ入り口絶対水分率

$absMP_{AFTIN}$ を計算する。ここで、 $absMP_{PREEND}$ は、プレドライヤ

の定常状態のシミュレーションより求められる。また、サイズの絶乾塗工量 CW を下記 (19) 式により求めるようにする。

【0070】

【数18】

$$CW = \frac{1000 \times F \times (S/100) \times W}{V \times d} \dots\dots\dots (19)$$

ここで、

CW : サイズの絶乾塗工量 (g/m^2)

F : サイズの流量移動平均値 (L/min)

S : サイズの濃度移動平均値 (%)

W : サイズの比重 (kg/L)

V : 抄速 (m/min)

d : 紙幅 (m)

【0071】

この (19) 式の分子はサイズの流量と濃度と比重の積であり、1 分間に使用されるサイズの絶乾重量を表している。単位は $g/分$ である。濃度 S の単位は % なので、100 で割ることによって割合に変換している。また、比重 W の単位は kg/L なので、1000 倍することによって g (グラム) に変換している。

【0072】

また、前記 (19) 式の分母は抄速と製品である紙の幅の積であり、1 分間当たりのサイズが転写される紙の面積を表している。単位は $m^2/分$ である。従って、この式により紙の単位面積あたりに転写されるサイズの重量、すなわちサイズの絶乾塗工量 CW を求めることができる。

【0073】

なお、サイズの流量 F および濃度 S はそれぞれ流量計、濃度計で測定されるが、応答が早いダイナミックな制御に用いるわけではないので、5 分間程度の十分長い時間の移動平均を取った値を用いるようにしている。そのため、これらの測定値に短い周期の変動や測定誤差があっても、その影響を最小限にすることができる。

【0074】

このアフタドライヤ入り口絶対水分率 $\text{absMP}_{\text{AFTIN}}$ から、図9における差分方程式の数値解を求める演算における、ウェブ水分率の初期値 $\text{MP}(1)$ を、

(11) 式のように計算する。これにより、図9のようにアフタドライヤパートにおける乾燥速度係数 K が決定される。BM計が、サイズプレス前にも設置されている場合には、プレドライヤとアフタドライヤで別々に収束計算を行う。サイズプレス前のBM計が設置されていない場合には、アフタドライヤのみで収束計算を行う。

【0075】

図4に、前記(19)式を用いた抄紙機の制御装置の構成を示す。この図において、21はサイズが塗布される前のウェブを製造するウェブ製造部である。22はこのウェブ製造部21で製造されたウェブにサイズを塗布するサイズ塗布部である。23はサイズが塗布されたウェブを乾燥させるドライヤである。24は水分率演算部であり、前記(19)式および(12)式に基づいてサイズが塗布されたウェブの水分率を演算する。25は制御部であり、水分率演算部24が演算・出力した水分率を入力し、この水分率に基づいてドライヤ23を制御する。

【0076】

次に、図2に示す銘柄変更時(抄替え時)のアフタドライヤの蒸気圧予測シミュレーションについて考察する。一般に銘柄変更時には抄速が変化する。サイズプレスにおけるサイズの転写量は抄速に比例するので、抄速が変化するとサイズの流量も抄速に比例する。従って、下記(20)式が成立する。

【0077】

【数19】

$$\frac{F^*}{F} = \frac{V^*}{V} \dots\dots\dots (20)$$

F : 抄速 V におけるサイズの流量移動平均値 (L/min)

F^* : 抄速 V^* におけるサイズの流量移動平均値 (L/min)

V, V^* : 抄速 (m/min)

【0078】

従って、銘柄変更前後で抄速が V から V^* に、サイズの濃度が S から S^* に変化したとすると、銘柄変更前後のサイズの絶乾塗工量 CW 、 CW^* は下記(21)

式によって計算することができる。

【0079】

【数20】

$$\begin{aligned} CW^* &= \frac{1000 \times F^* \times (S^*/100) \times W}{V^* \times d} \\ &= \frac{1000 \times F \times (S/100) \times W}{V \times d} \cdot \frac{S^*}{S} \\ &= CW \cdot \frac{S^*}{S} \dots\dots\dots (21) \end{aligned}$$

CW, CW^* : 抄替前後の絶乾塗工量 (g/m^2)

F, F^* : 抄替前後のサイズ流量移動平均値 (L/min)

S, S^* : 抄替前後のサイズ濃度移動平均値(%)

V, V^* : 抄替前後の抄速 (m/min)

W : サイズ比重 (kg/L)

d : 紙幅 (m)

【0080】

この(21)式から、サイズの濃度の設定値が銘柄毎に与えられている場合に、銘柄変更後の絶乾塗工量は下記(22)式によって予測することができる。

【0081】

【数21】

$$CW^* = CW \cdot \frac{S_T^*}{S_T} \dots\dots\dots (22)$$

CW : (19)式による抄替前の絶乾塗工量 (g/m^2)

CW^* : 抄替後の絶乾塗工量予測値 (g/m^2)

S_T, S_T^* : 抄替前後のサイズ濃度設定値(%)

【0082】

すなわち、銘柄変更前に銘柄変更後の絶乾塗工量を知ることができる。前述したように、銘柄変更後のプレドライヤ出口の絶対水分率 $absMP_{PREEND}^*$ はシミュレーションによって求めることができ、またプレドライヤ出口の絶乾坪量はアフタドライヤ出口の絶乾坪量からサイズの絶乾塗工量を引いた値であるので、銘柄変更前に銘柄変更後のアフタドライヤ入り口の絶対水分率 $absMP_{AFTIN}^*$ を下記(23)式によって推定することができる。

【0083】

【数22】

$$absMP_{AFTIN}^* = \frac{(BD_{AFT} - CW^*) \times absMP_{PREEND}^* + CW^* \cdot \frac{100 - S_T^*}{S_T^*}}{BD_{AFT}} \dots\dots\dots (23)$$

ここで、

$absMP_{AFTIN}^*$: 銘柄変更後のアフタドライヤ86入口絶対水分率(0.0~1.0)

$absMP_{PREEND}^*$: 銘柄変更後のブレドライヤ84出口絶対水分率(0.0~1.0)

BD_{AFT} : アフタドライヤ86出口の絶乾坪量 (BM計測定値) (g/m^2)

CW^* : 銘柄変更後の絶乾塗工量予測値 (g/m^2)

S_T^* : 抄替後のサイズ (塗工剤) 濃度設定値 (%)

【0084】

この銘柄変更後のアフタドライヤの絶対水分率 $absMP_{AFTIN}^*$ を用いて、銘柄変更後のアフタドライヤ蒸気圧の予測値を演算する方法を、図2を用いて説明する。図2において、最初に、銘柄変更前の定常状態におけるドライヤ各セクションの蒸気圧設定値と、銘柄変更後の抄速等の操業状態を読み込む。ついて抄速、ドラム円周長などから刻み時間幅を決定する。この部分は、図10従来例と同じである。次に、前記(23)式を用いて $absMP_{AFTIN}^*$ を演算し、それをドライヤ入り口水分率の初期値 $MP(1)$ に代入する。それから、ドラム温度、ウェブ温度、キャンバス温度、ウェブ相対水分率を演算し、ウェブ最終水分率値 $MP(N)$ が収束しているか調べて、収束していないと蒸気圧設定値を補正して再度ドラム温度などの演算を実行する。この部分も、図10従来例と同じである。この蒸気圧設定値を抄替後のドライヤの蒸気圧設定値として用いて抄紙機を制御するようにする。

【0085】

抄替前の蒸気圧設定値から、上記抄替後の蒸気圧設定値に変更する変更方法は、先願の特許第3094798号明細書の方法によってもよいし、別の方法によってもよい。

【0086】

図5に、銘柄変更時の制御を行う抄紙機の制御装置の構成を示す。この図におい

て、31はサイズを塗布する前のウェブを製造するウェブ製造部である。32はウェブ製造部31で製造されたウェブにサイズを塗布するサイズ塗布部である。33はサイズが塗布されたウェブを乾燥させるドライヤである。34は前記(22)式および(12)式から銘柄変更後のウェブの水分率を予測する水分率予測部である。35は水分率予測部34の出力が入力され、ドライヤ33を制御する制御部である。制御部35は銘柄変更後に水分率予測部34の出力に基づいてドライヤ33を制御する。

【0087】

図6に、サイズの塗工制御装置の構成を示す。この図において、4は濃度制御部であり、ストレージタンク5に貯蔵されている濃度が一定のサイズと希釈水を混合して、任意の濃度のサイズを作成する。濃度が一定値C(=10%)のサイズの流量は流量計46で検出され、比率設定器41に入力される。この比率設定器41にはまた希釈水の比率が銘柄毎に手動で入力される。比率設定器41は設定された希釈水比率になるように、バルブ42を制御する。希釈水の流量は流量計43で測定される。濃度一定のサイズと希釈水はロータリースクリーン61で混合され、サプライタンク62に貯蔵される。

【0088】

サプライタンク62に貯蔵されたサイズはサイズプレス7内のコータ71に注入され、ロール72に転写されて更に製品であるウェブ(紙)73に再転写される。サプライタンク62の液位は液面計63で測定され、その測定値はバルブ制御器44に入力される。バルブ制御器44はバルブ45を制御して、サプライタンク62の液位を一定値に保つようにする。

【0089】

コータ71における転写率は一定なので、サイズの流量は抄速に比例して変化する。ストレージタンク5から供給されるサイズの給液流量をA(L/min)、比率設定器41に設定される比率をrとすると、コータ71に供給されるサイズの流量F(L/min)は、

$$F = (1 + r) \cdot A$$

になる。また、サイズの濃度Sと希釈水の比率rとの間には、下式の関係がある

【0090】

【数23】

$$S = \frac{C \times A}{(1+r) \times A} = \frac{C}{1+r}$$

【0091】

従って、前記（19）式から絶乾塗工量CWが演算でき、また前記（22）式から抄替え後の絶乾塗工量を求めることができる。また、これらの結果とプレドライヤ乾燥状態のシミュレーションによるプレドライヤ出口水分率の計算結果から、前記（12）式により抄替え前のアフタドライヤ入り口の水分率を計算することができる。更に、（12）式のCWに（22）式の CW^*_T を代入すると、抄替え後の水分率を求めることができる。

【発明の効果】

以上説明したことから明らかなように、本発明によれば、次の効果が期待できる。請求項1～6記載の発明によれば、蒸気ドラム、ウェブおよびキャンバス間に成立する熱伝達方程式を差分化した差分方程式を解くことにより抄替え後のドライヤ蒸気圧を予測して、この予測値を抄替え後のドライヤ蒸気圧設定値とする抄紙機の制御方法において、差分方程式を解く際に、ドライヤパート入り口（プレドライヤパート入口）の相対水分率の初期値を所定の式に基づいて演算するようにした。

【0092】

そのため、抄替え後のドライヤ蒸気圧の予測値として、実際の蒸気圧設定値により近い値を得ることができる。従って、抄替え後の蒸気圧設定値をこの予測値とすることによって抄替え時間を短くすることができ、損紙の削減、生産性の向上を図ることができるという効果がある。

【0093】

また、抄替え後のウェブ温度、水分率などドライヤ内の乾燥状態をより精度よく予測できるので、操業上有利な情報をオペレータに与えることができるという効

果もある。

【0094】

また、パラメータ A_1 、 A_2 、MPNowInit を操業状態に応じて調整するようにした。種々の抄紙機や操業状態に対応することができるので、より汎用性が高くなるという効果がある。また、パラメータをチューニングすることにより、より効果を高めることができる。

【0095】

請求項 7～14 記載の発明によれば、サイズの絶乾塗工量を所定の式に基づいて演算し、この絶乾塗工量からアフタードライヤパートウェブの水分率を予測し、これによりドライヤを制御するようにした。

【0096】

BM 計がサイズプレス前に設置されていなくとも精度の良い塗工量の計算が可能となり、アフタドライヤパート出口の水分率のみを実測して収束計算するようにすれば、容易にドライヤを制御できるという効果がある。また、計器の誤差に影響されず、正確な塗工量を求めることができるので、ドライヤの制御をより正確に行うことができ、製品の品質を高めることができるという効果もある。

【0097】

更に、BM 計が設置されていない場合、操業監視や定常制御に用いることもできるという効果もある。

【0098】

また、BM 計を少なくすることができれば、装置を簡単かつ安価に製作することができるという効果がある。

【0099】

また、抄替え後の水分率を正確に見積もることができ、抄替え時間を短縮することができる。そのため、損紙が少なくなり、生産性を高めることができるという効果がある。

【0100】

請求項 15、16 記載の発明によれば、サイズの流量および濃度として、測定値の移動平均値を用いるようにした。流量計や濃度計の短周期の変動や測定誤差を

抑えることができるので、より正確に水分率を見積もることができるという効果がある。また、安価な流量計や濃度計を用いることができるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例を示すフローチャートである。

【図 2】

本発明の一実施例を示すフローチャートである。

【図 3】

本発明の一実施例を示す構成図である。

【図 4】

本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図 5】

本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図 6】

本発明の他の実施例を示す構成図である。

【図 7】

一般的な抄紙機の構成図である。

【図 8】

熱伝達方程式のパラメータをまとめた表である。

【図 9】

従来の定常状態シミュレーションを示すフローチャートである。

【図 10】

従来の蒸気圧予測シミュレーションを示すフローチャートである。

【符号の説明】

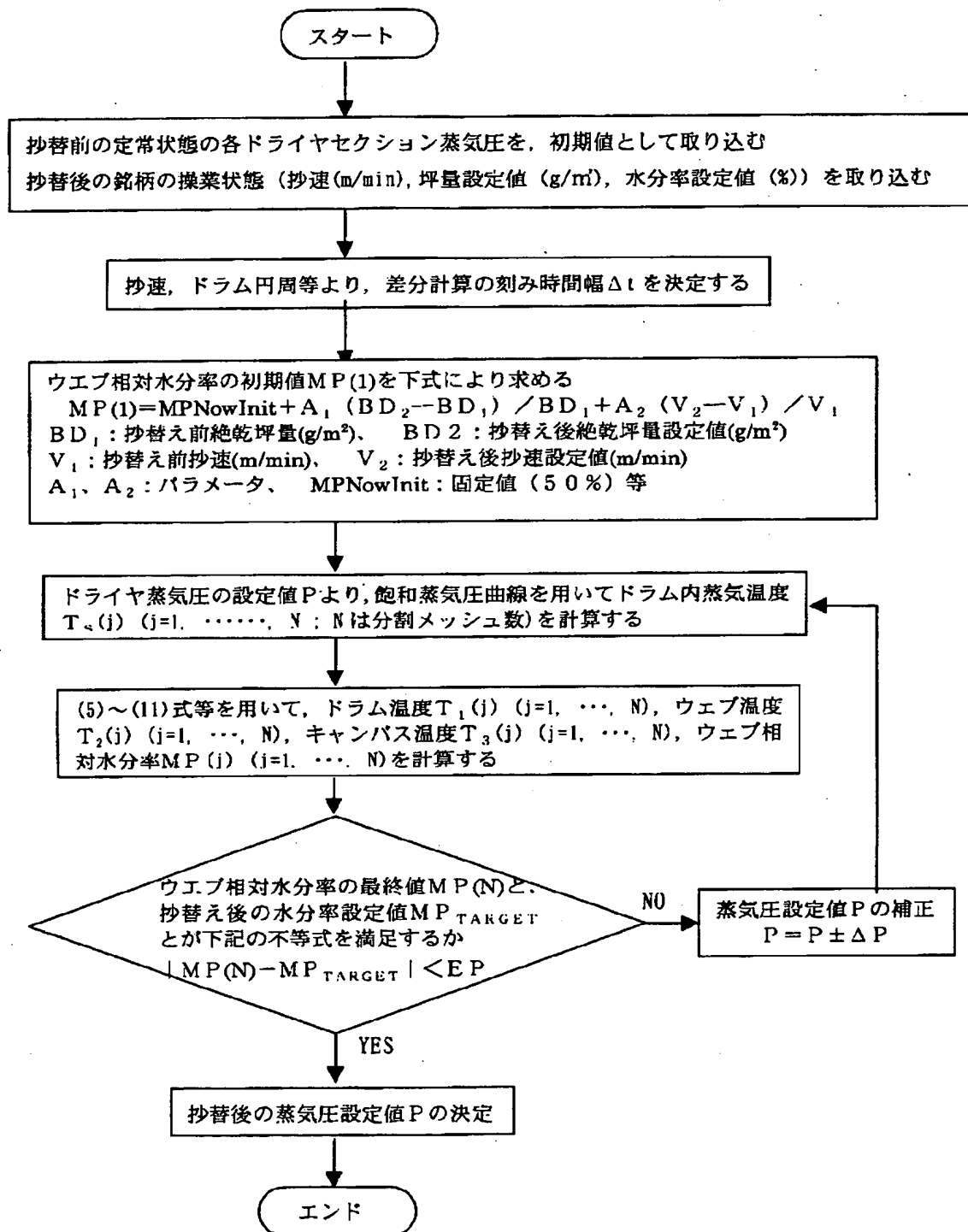
- 1 1 初期設定部
- 1 2 水分率演算部
- 1 3 乾燥速度係数演算部
- 1 4 蒸気圧予測部
- 1 6 ドライヤ

15, 25, 35 制御部
21, 31 ウェブ製造部
22, 32 サイズ塗布部
23, 33 ドライヤ
24 水分率演算部
34 水分率予測部
4 濃度制御部
5 ストレージタンク
62 サプライタンク
7 サイズプレス
71 コータ
72 ロール
73 ウェブ

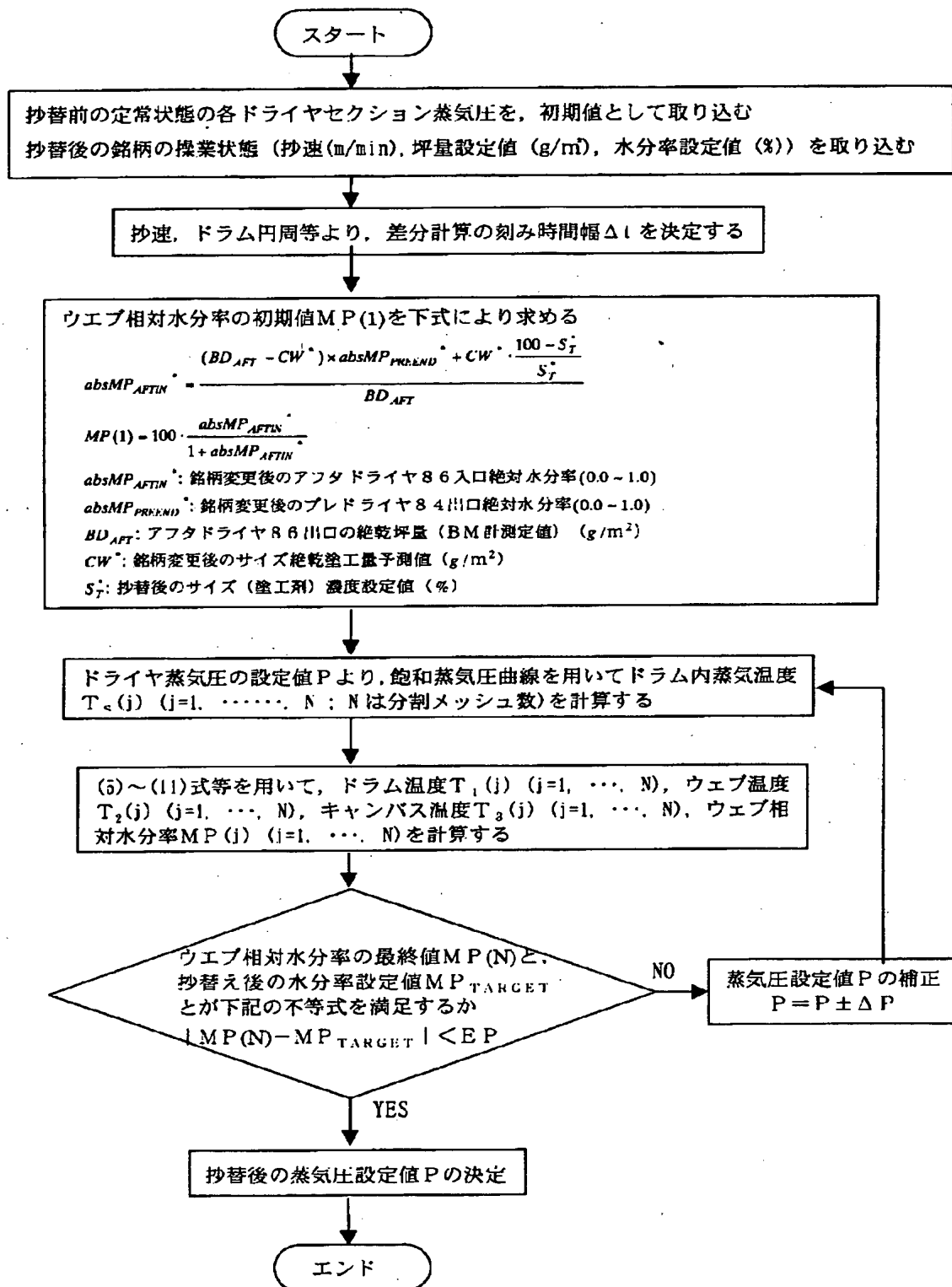
【書類名】

図面

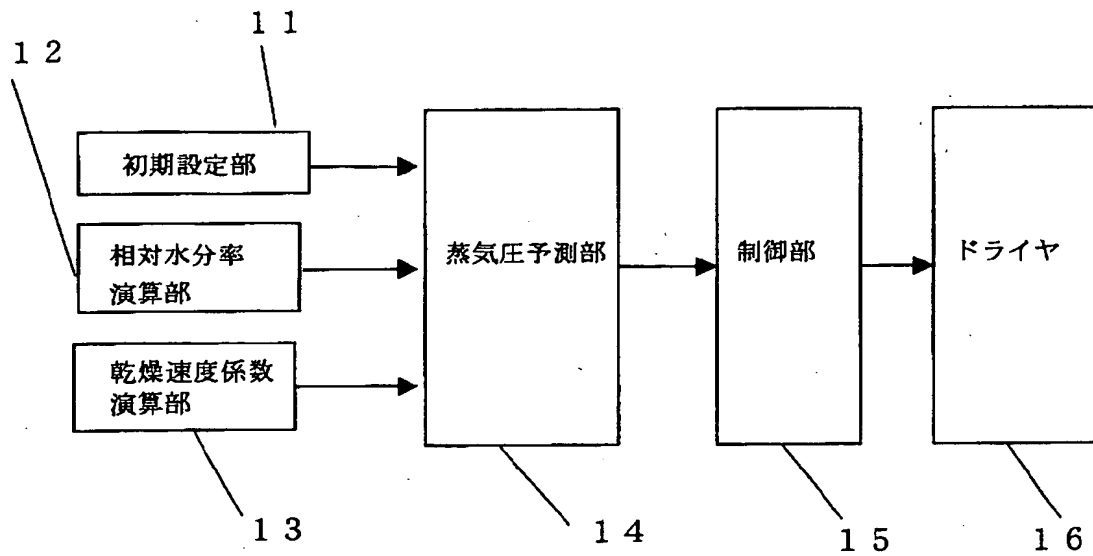
【図 1】



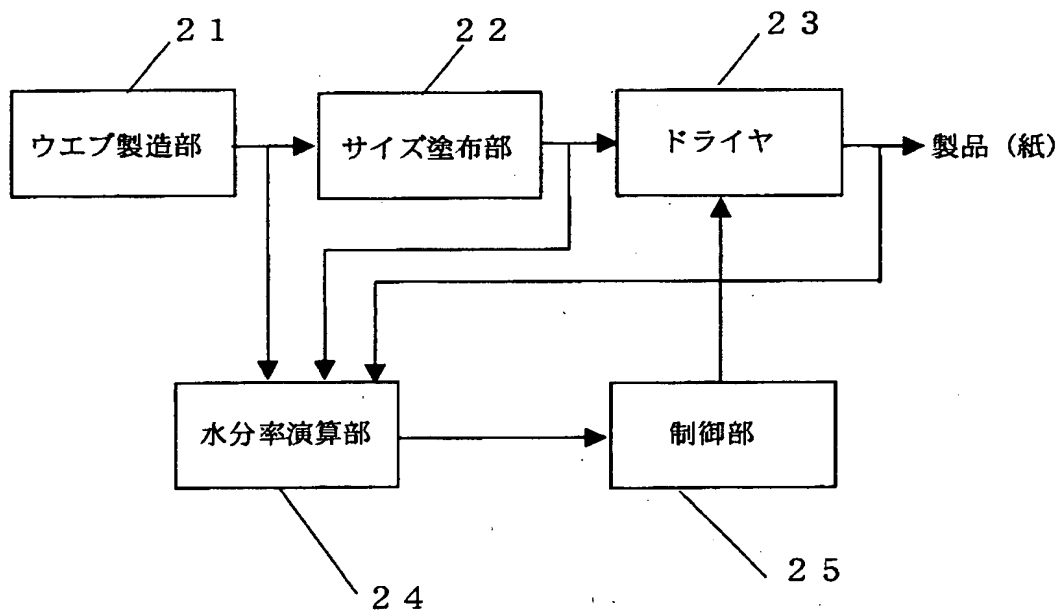
【図 2】



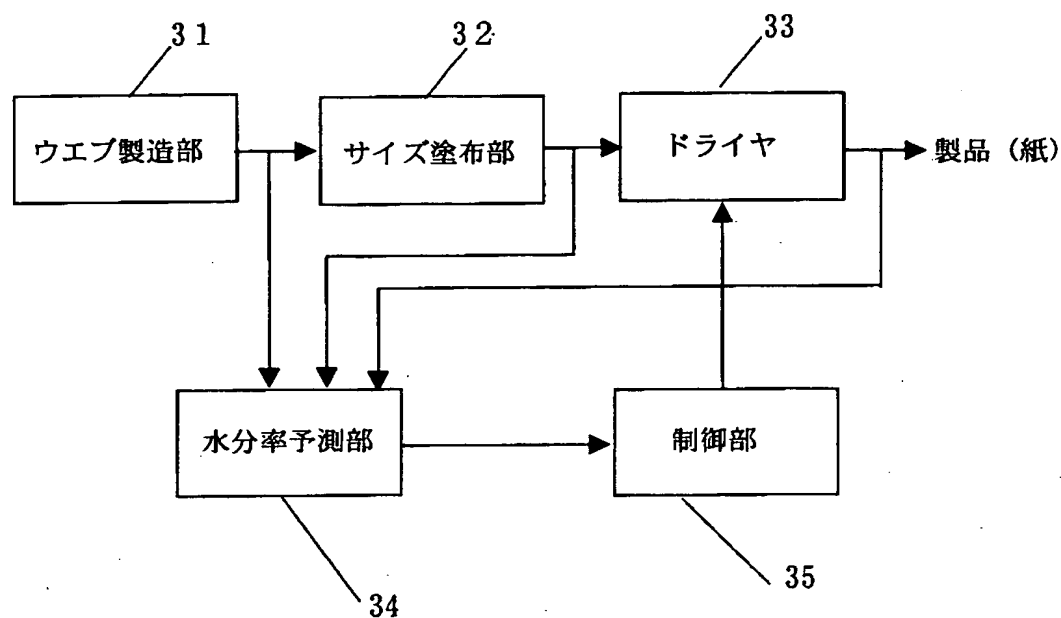
【図 3】



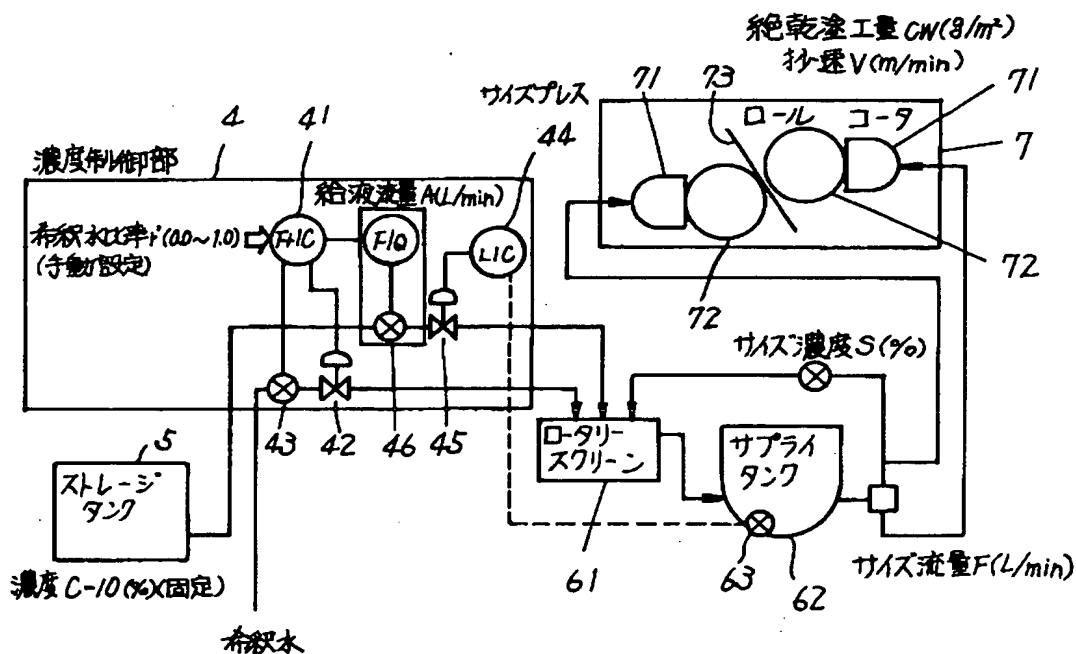
【図 4】



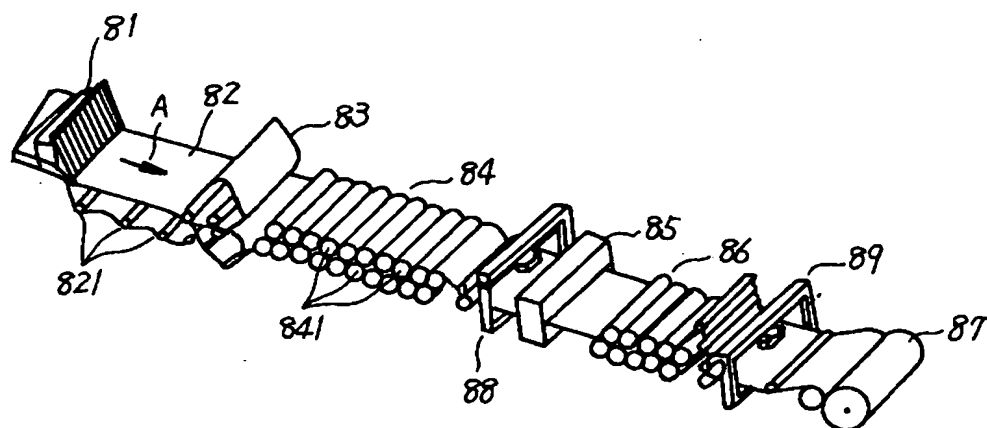
【図 5】



【図 6】



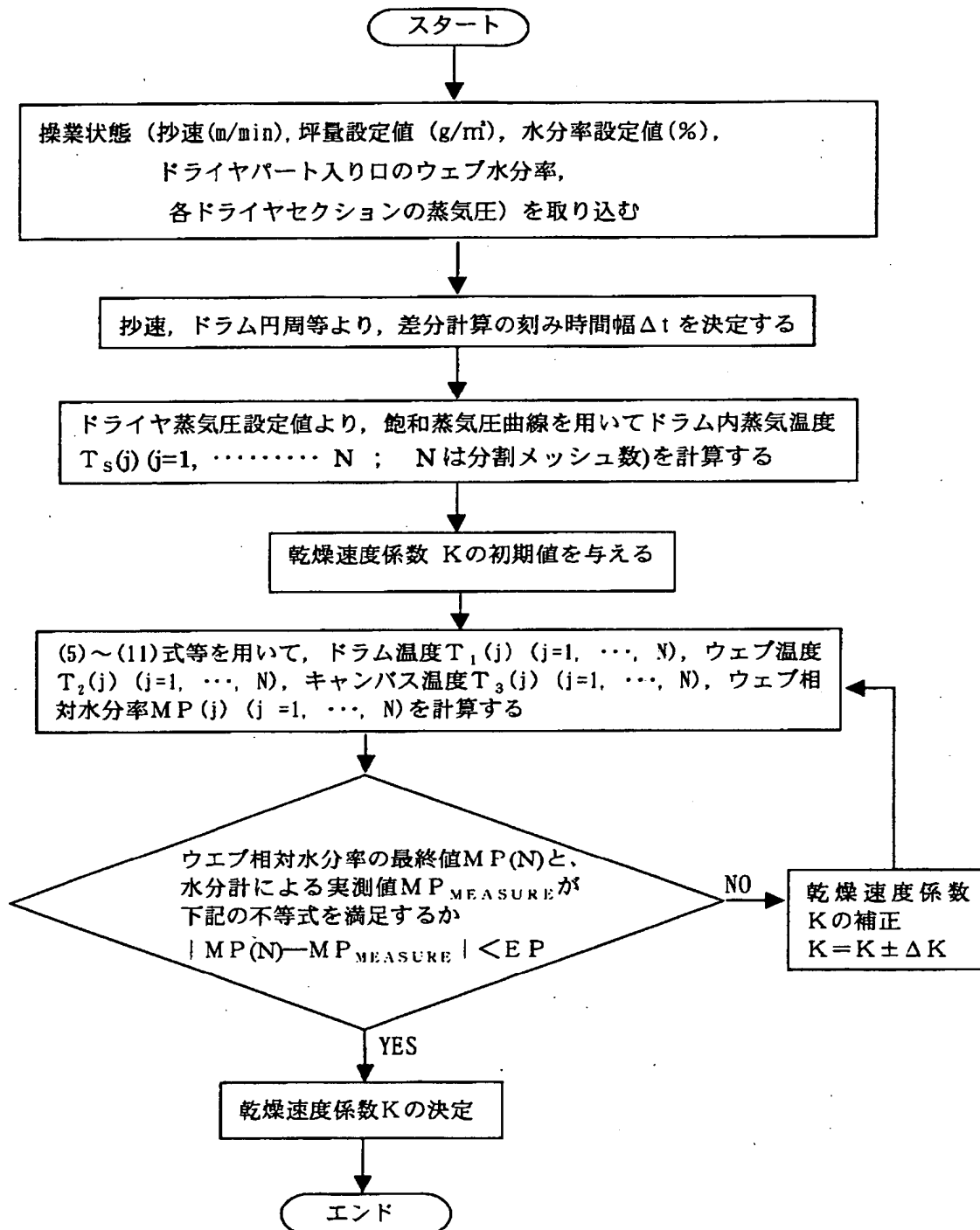
【図7】



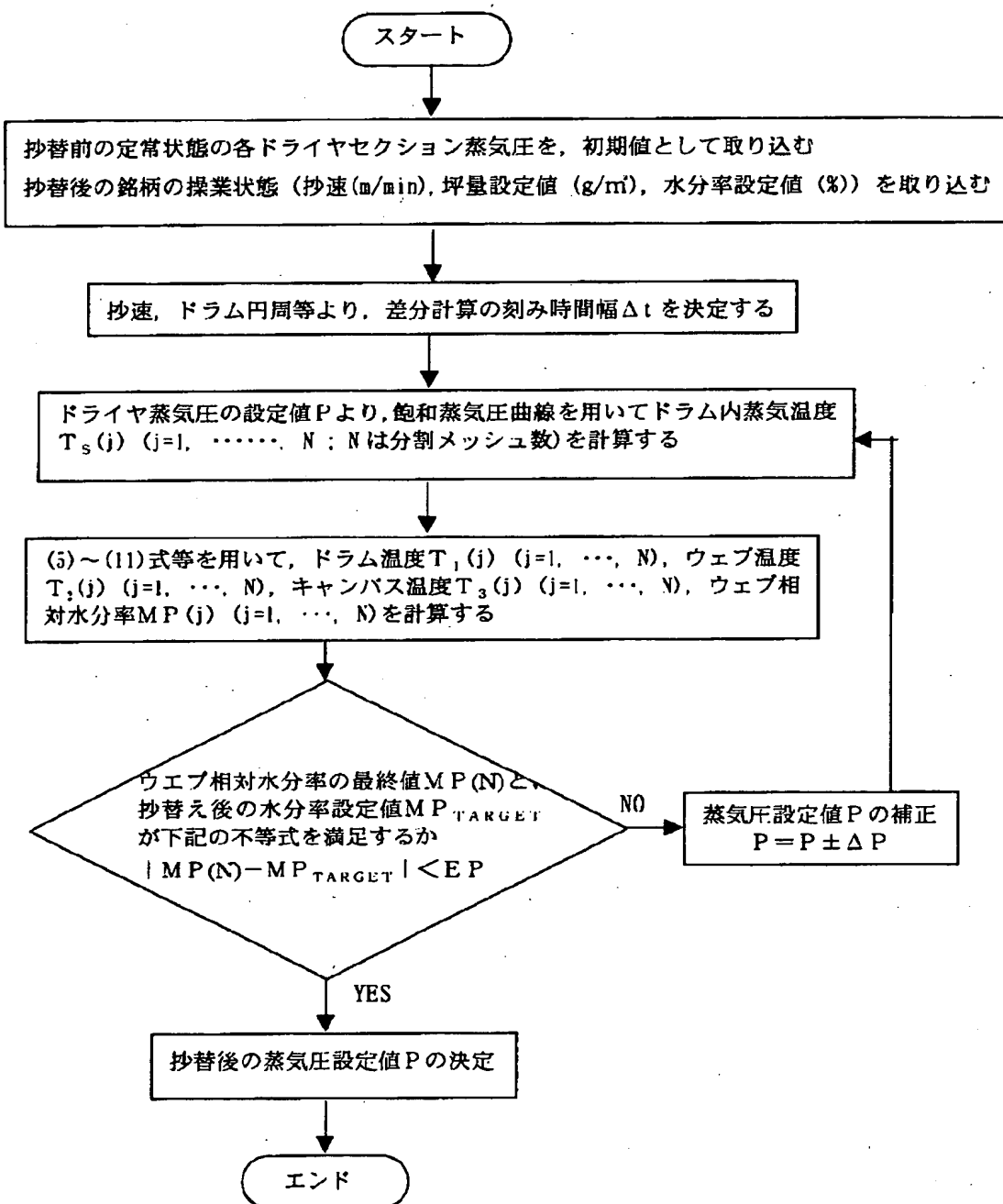
【図8】

	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	厚さ (m)	熱伝達率 ($\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^{\circ}\text{C})$)	比熱 ($\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$)	密度 (kg/m^3)
空気	T_a				
キャンバス	T_3	L_c	h_a	C_c	ρ_c
ウェブ	T_2	L_w	h_{wc}	C_w	ρ_w
蒸気ドラム	T_1	L_D	h_{dw}	C_D	ρ_D
蒸気	T_s		h_s		

【図 9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 抄替え後のドライヤ入口におけるウェブ水分率の初期値を正確に予測し、抄替え時のドライヤ蒸気圧制御を正確かつ短時間で行うようにする。

【解決手段】 抄替え後の蒸気圧設定値の予測シミュレーションで、抄替え前後の絶乾坪量の差の割合と抄速の差の割合からシミュレーションの水分率初期値を求め、またサイズの流量と濃度からサイズの絶乾塗工量を求めて、この塗工量からサイズプレス後のドライヤ入口ウェブ水分率を演算するようにした。水分率が正確に求められるのでドライヤの制御が正確にできて製品の品質が向上し、また抄替え時間が短縮できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-106038
受付番号	50100498491
書類名	特許願
担当官	兼崎 貞雄 6996
作成日	平成13年 5月25日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 4月 4日
【特許出願人】	申請人
【識別番号】	000006507
【住所又は居所】	東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
【氏名又は名称】	横河電機株式会社
【特許出願人】	
【識別番号】	000122298
【住所又は居所】	東京都中央区銀座4丁目7番5号
【氏名又は名称】	王子製紙株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000006507]

1. 変更年月日	1990年 8月10日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
氏 名	横河電機株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000122298]

1. 変更年月日	1996年10月21日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都中央区銀座4丁目7番5号
氏 名	王子製紙株式会社